

Study on the Stability Enhancement of Low Inertia Power System using Virtual Synchronous Generator

著者	Fathin Saifur Rahman
発行年	2019-03-25
その他のタイトル	仮想同期発電機を用いた低慣性電力システムの安定性向上に関する研究
学位授与番号	17104甲工第471号
URL	http://hdl.handle.net/10228/00007159

氏 名	Fathin Saifur Rahman (インドネシア)
学位の種類	博 士(工学)
学位記番号	工博甲第471号
学位授与の日付	平成31年3月25日
学位授与の条件	学位規則第4条第1項該当
学位論文題目	Study on the Stability Enhancement of Low Inertia Power System using Virtual Synchronous Generator (仮想同期発電機を用いた低慣性電力システムの 安定性向上に関する研究)
論文審査委員	主 査 准教授 渡邊 政幸 教 授 三谷 康範 准教授 豊田 和弘 教 授 小森 望充

学 位 論 文 内 容 の 要 旨

近年、環境問題に対する関心の高まりにより、電力システムへの自然変動電源の導入が急速に増加している。環境面からは自然変動電源の急増は望ましいことであるが、電力システムの安定性に対しては悪影響を与える。インバータで連系される自然変動電源が大量導入された電力システムにおいては、インバータが慣性を有していないために、従来の同期発電機を主としたシステムと比較してシステム全体の慣性が著しく低下して、擾乱発生時における周波数変動の増大や、保護システムに起因する負荷遮断量の増加といった問題を生じる。これに対し、エネルギー貯蔵を用いてインバータに同期発電機と同様の特性をもたせることでシステムに対して付加的に慣性を提供できる仮想同期発電機 (VSG : Virtual Synchronous Generator) の適用が有効であるが、周波数安定性の向上に加えて、保護システムとの協調や動揺安定性に対する影響を考慮した VSG の活用を考える必要がある。

本研究では、保護システムとの協調を考慮した VSG の制御パラメータ最適化手法を構築し、限られたエネルギー貯蔵容量のもとで擾乱発生時における周波数変動を効果的に抑制することで、既存の保護システムの調整を不要としつつ周波数安定性を維持する方法が提案されている。さらに、寄与率および感度評価に基づく VSG 設置箇所の選定方法を示し、動揺安定性を維持できる VSG 導入指針を提示している。

第 1 章では、電力システムにおける自然変動電源の大量導入に起因する低慣性の問題と、低慣性システムにおける VSG の役割の重要性について述べ、本論文の目的を明らかにしている。

第 2 章では、仮想慣性の概念、最適化手法の一つである粒子群最適化 (PSO : Particle Swarm

Optimization), 電力システムの定態安定性といった本研究に関連する項目について説明を行っている。

第3章では、PSO適用によるVSGの有効電力出力配分の最適化を行うことで、大きな擾乱に対しても周波数の安定性が維持できる方法について述べ、マイクログリッドモデルを用いた数値計算を行った結果を示している。従来の電流制御を用いた場合との比較による優位性を示すとともに、システム条件の変化に対する有効性を明らかにしている。

第4章では、電力システムの周波数保護、特に周波数低下時における負荷遮断を考慮したVSGの制御パラメータ最適化について述べている。システムの慣性の変化に応じてVSGのパラメータを修正することで、既存の保護システムの調整を必要とせずに周波数保護の性能維持が可能であることを明らかにしている。

第5章では、広域連系システムの定態安定性に対するVSGの影響を分析し、電力システムの減衰性能に対するVSGの適切な設置場所や制御パラメータの選定方法について述べている。

第6章では、得られた結果を総括し結論を述べている。

学 位 論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

以上のとおり、本論文は電力システムへの自然変動電源の大量導入に伴う慣性低下の問題に対するVSGの適用において、システム保護および安定性を考慮したVSGの最適化手法を構築してその有効性を明らかにしており、自然変動電源の導入が加速する電力システムにおいて顕在化しつつある問題に対処できる技術として、学術的かつ産業応用面で極めて高い価値を有し、博士学位論文として十分であると判定された。

また、審査会および公聴会において、諸条件に対するVSG導入の考え方、VSG出力に対するエネルギー貯蔵の必要容量、VSGに対する位相補償制御の付加による安定性向上の可能性、系統安定化装置が導入された系統における評価、VSGによる電力補償、エネルギー貯蔵がない場合のVSGの考え方などについて多くの質問がなされたが、いずれも適切な回答がなされ、質問者の理解が得られた。

以上により、論文調査および最終試験の結果に基づき、審査委員会において慎重に審査した結果、本論文が、博士（工学）の学位に十分値するものであると判断した。